

# Iterativna lokalna pretraga

Aleksa Vošić, Lazar Perišić,  
Anđela Križan, Anđela Janošević

Matematički fakultet  
Univerzitet u Beogradu

Beograd, 2020.

## Uvod

- Metaheurističke metode za rešavanje teških optimizacionih problema
- Prilikom dizajniranja metaheuristike, poželjno je da bude jednostavna, efikasna, opšte namene
- Idealan slučaj je kada se metaheuristika može koristiti bez ikakvog znanja o zavisnosti od problema
- Znanje specifično za problem mora biti inkorporirano u metaheuristiku da bi se dostiglo vrhunsko stanje
- Pokušavamo da dekomponujemo metaheuristički algoritam na nekoliko delova:
  - potpuno opšti namenski deo
  - svako znanje specifično za problem ugrađeno u metaheuristiku bilo bi odvojeno u drugi deo

## Uvod

- Iterativna lokalna pretraga pruža jednostavan način da se zadovolje svi ovi zahtevi
- Suština iterativne lokalne pretrage je da se izbegne zaglavljivanje u lokalnom minimumu tako što u više iteracija primenjuje lokalnu pretragu na novo generisano početno rešenje
- Ova ideja ima dugu istoriju, a njeno ponovno otkriće od strane mnogih autora dovelo je do mnogo različitih imena za iterativnu lokalnu pretragu poput iterativnog spusta, Markovljevi lanci velikog koraka, iterativni Lin-Kernigan, lančana lokalna optimizacija...

# Ideja iza iterativne lokalne pretrage

- Koristimo samo podskup rešenja, dobijen od lokalne pretrage

---

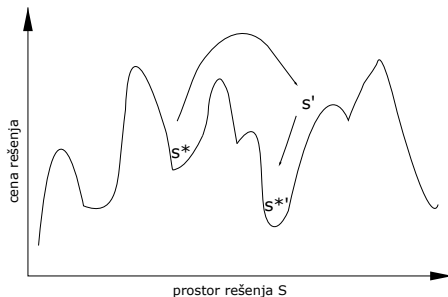
## Algoritam 1 Iterativna lokalna pretraga

---

```
 $s_0 = \text{GenerišiPočetnoRešenje}()$   
 $s^* = \text{LokalnaPretraga}(s_0)$   
repeat  
     $s' = \text{Perturbacija}(s^*, \text{istorija})$   
     $s^{*'} = \text{LokalnaPretraga}(s')$   
     $s^* = \text{KriterijumPrihvatanja}(s^*, s^{*'}, \text{istorija})$   
until NIJE ZADOVOLJEN USLOV ZAUSTAVLJANJA1  
return NAJBOLJE REŠENJE
```

---

## Ideja iza iterativne lokalne pretrage



- Početno rešenje
- Lokalna pretraga
- Perturbacija
- Kriterijum prihvatanja

## Početno rešenje i Perturbacija

### Početno rešenje

- Najmanje uticaja na algoritam
- Metoda slučajnog izbora
- Metoda pohlepne heuristike

### Perturbacija

- Veoma važna komponenta algoritma
- Služe da se pobegne od lokalnog optimuma
- Snaga perturbacije
- Adaptivne perturbacije

## Kriterijum prihvatanja i Lokalna pretraga

### Kriterijum prihvatanja

- Prihvati svako rešenje
- Prihvati samo bolje rešenje

### Lokalna pretraga

- Poznavanje implementacije može nam pomoći prilikom optimizacije ILS
- Najčešće važi da što je bolja pretraga to je bolji ILS
- Mnogo različitih algoritama se koristi kao lokalna pretraga

## Primene iterativne lokalne pretrage

Algoritmi iterativne lokalne pretrage su uspešno primenjeni u raznim kombinatornim optimizacionim problemima. Neki od njih su:

- **problem trgovačkog putnika** (*eng.* travelling salesman problem) tj. TSP
- **problem rasporeda na jednoj mašini pomoću ukupnog kašnjenja sa težinskim koeficijentima** (*eng.* single machine total weighted tardiness problem) tj. SMTWTP
- **problem rasporeda  $n$  proizvoda na  $m$  mašina** (*eng.* flow shop problem) tj. FSP
- **problem raspoređivanja poslova** (*eng.* job shop scheduling problem) tj. JSSP



## Problem trgovačkog putnika

Za dat skup gradova i cena putovanja između njih, naći najjeftiniju rutu koja obilazi svaki grad tačno jednom, i vraća se u početni grad.

- Verovatno najpoznatiji kombinatorni optimizacijski problem
- Služi za testiranje izrade novih ideja algoritama, dobre performanse na ovom problemu su dokaz vrednosti takvih ideja
- Baum je prvi testirao svoju metodu ponovljenog spusta na TSP, koristio je tehniku 2-opt kao heuristiku, nasumične 3-promene kao perturbacije, nezadovoljavajući rezultati
- Algoritam Large-step Markov chain (tj. LSMC) doneo poboljšanja, korišćeno simulirano kaljenje kao optimizacija i Lin-Kernighan (tj. LK) heuristika. Autori Martin, Otto i Felten

## Problem trgovačkog putnika

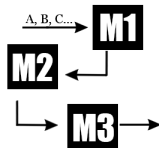
- D.S.Johnson koristio LK kao lokalnu pretragu, naziv algoritma "iterated Lin-Kernighan"
- Applegate, Bixby, Chivatal i Cook implementirali lančani LK, vršili testove na instancama do 25 miliona gradova, zaključili su da najbolje performanse daje između ostalog i pohlepna heuristika
- Katayama i Narisha u svoj algoritam uveli su novi mehanizam perturbacije-genetska transformacija koji koristi 2 obilaska
- Iterativni LK koji koristi genetsku transformaciju umesto standardnog dvostrukog mosta pokazao je bolje rezultate

## Single machine total weighted tardiness problem

Problem se sastoji od skupa nezavisnih poslova sa različitim vremenima obrade, težinama (cenama), kao i rokovima do kad poslovi moraju biti završeni predviđenim da se obrađuju na jednoj datoj mašini.

- Početno rešenje se može generisati pomoću raznih heuristika konstrukcija (EDD, MDD, AU).
- Perturbacija se sastoji od niza proizvoljnih nezavisnih poteza razmene: posao na poziciji  $i$  se razmenjuje sa poslom na poziciji  $j$ . Razmena  $i, j$  se ne preklapa sa razmenom  $k, l$  ukoliko važi:  $\min\{i, j\} \geq \max\{k, l\}$  ili obrnuto.
- Kriterijum prihvatanja: backtrack korak, svako novo najbolje lokalno stanje se prihvata, algoritam se restartuje sa najboljim pronađenim rešenjem.

## Flow shop problem



- Početno rešenje se generiše uz pomoć NEH heuristike.
- Perturbacija se generiše pomoću dva različita tipa poteza:
  - $\pi = (\pi(1), \dots, \pi(i), \pi(i+1), \dots, \pi(n)) \rightarrow \pi' = (\pi(1), \dots, \pi(i+1), \pi(i), \dots, \pi(n))$
  - $\pi = (\pi(1), \dots, \pi(i), \dots, \pi(j), \dots, \pi(n)) \rightarrow \pi' = (\pi(1), \dots, \pi(j), \dots, \pi(i), \dots, \pi(n))$
- Kriterijum prihvatanja: može se uvek birati stanje koje je bolje i da se ono zadrži, ili napredniji slučaj koji analizira novo stanje i prihvata ga korišćenjem odgovarajuće verovatnoće.

## Efektivnost i efikasnost ILS algoritma





% Vremenskog uvećanja u odnosu na optimalno rešenje =

$$\frac{Alg_{rez} - Opt_{rez}}{Opt_{rez}} \cdot 100$$

Problem	SAOP	SPIRIT	GAChen	GAMIT	ILS
20x5	1.39 ( $\leq 0.5$ )	5.22 ( $\leq 0.5$ )	3.82 ( $\leq 0.5$ )	4.21 ( $\leq 0.5$ )	0.24 (4.01)
20x10	2.66 ( $\leq 0.5$ )	5.86 ( $\leq 0.5$ )	4.89 ( $\leq 0.5$ )	5.40 ( $\leq 0.5$ )	0.77 (4.09)
20x20	2.31 ( $\leq 0.5$ )	4.58 ( $\leq 0.5$ )	4.17 (0.60)	4.53 ( $\leq 0.5$ )	0.85 (4.63)
50x5	0.69 ( $\leq 0.5$ )	2.03 ( $\leq 0.5$ )	2.09 (0.77)	3.11 ( $\leq 0.5$ )	0.12 (6.38)
50x10	4.25 (0.60)	5.88 (0.52)	6.60 (1.00)	8.38 (0.52)	2.01 (9.94)
50x20	5.13 (1.04)	7.21 (0.97)	8.03 (1.45)	10.65 (0.96)	3.29 (11.82)
100x5	0.40 (0.60)	1.06 (0.53)	1.32 (1.79)	5.41 (0.52)	0.11 (15.31)
100x10	1.88 (1.10)	5.07 (1.03)	3.75 (2.26)	12.05 (1.02)	0.66 (18.79)
100x20	5.21 (2.09)	10.15 (2.00)	7.94 (3.24)	18.24 (1.99)	3.17 (24.04)
200x10	1.56 (2.29)	9.03 (2.25)	2.70 (5.97)	7.52 (2.20)	0.49 (33.73)
200x20	4.83 (4.59)	16.17 (4.51)	7.07 (8.18)	15.35 (4.50)	2.74 (41.80)
500x20	3.40 (39.48)	13.57 (39.70)	4.61 (55.30)	12.17 (37.82)	1.29 (192.03)
Average	2.81 (4.42)	7.15 (4.38)	4.75 (6.77)	8.92 (4.21)	1.31 (30.55)

## Zaključak

- ILS poseduje mnoge poželjne karakteristike metaheuristike: jednostavan je, lagan za implementaciju, robustan i veoma efikasan
- Suštinska ideja ILS-a leži u fokusiranju pretraživanja ne na celokupnom prostoru rešenja, već na manjem potprostoru koji je definisan rešenjima koja su lokalno optimalna za datu optimizaciju
- Koliko će se ovaj pristup pokazati efikasnim, uglavnom zavisi od izbora lokalne pretrage, perturbacija i kriterijuma prihvatanja
- Zbog svojih karakteristika verujemo da je ILS obećavajući i moćan algoritam za rešavanje stvarnih kompleksnih problema

-  Gendreau, Michel and Potvin, Jean-Yves  
Handbook of metaheuristics  
*2010.*
-  R. Lourenço, Helena and Martin, Olivier and Stützle, Thomas  
A beginner's introduction to Iterated Local Search  
*2001.*
-  den Besten, Matthijs and Stützle, Thomas and Dorigo, Marco  
Design of Iterated Local Search Algorithms  
*2001.*
-  Helena R. Lourenço  
Job-shop scheduling: Computational study of local search and large-step optimization methods  
*1995.*